Dr. Željko Marković:

GLAVNI POJMOVI SFERNE ASTRONOMIJE

PREŠTAMPANO IZ KALENDARA „BOŠKOVIĆ“ ZA GOD. 1924.



ZAGREB 1923.
ZAKLADA TISKARE „NARODNIH NOVINA“

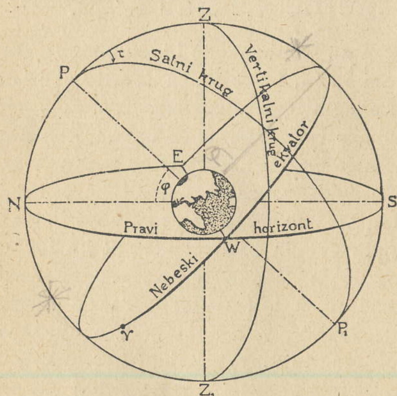


Glavni pojmovi sferne astronomije.

Nebeska kugla (sfera). Da se jednoznačno i jednostavno odrede položaji svemirskih tijela na nebu, kako ih sa Zemlje vidimo, pomišljamo u svemiru kuglu, koncentričnu s kuglom zemaljskom, po volji velikoga polumjera, no bar tako velikoga, da se gledana s površine te kugle ne samo Zemlja praktički stegne na točku (tako da pravci povučeni iz različnih točaka površine zemaljske k istoj točki neba praktički padaju u isti smjer), nego da se i Sunce i staza Zemlje oko Sunca kao i staze svih drugih planeta stegnu na točku (tako da i pravci povučeni iz različnih točaka u Sunčevu sustavu k istoj točki neba praktički padaju u isti smjer). Ta se kugla zove nebeska kugla (sfera). Pravci, koji spajaju oko opažača s nebeskim tijelima pokazujući smjer njihov, sijeku nebesku kuglu u točkama, koje su prividna mjesta tih tijela na nebu. Da se ustanovi smjer, u kome vidimo nebeska tijela, i opiše prividno gibanje njihovo, t. j. promjena smjera u tijeku vremena, definiraju se na kugli nebeskoj izvjesne točke, krugovi i lukovi (kutovi), koje nam nameću sami pojavi nebeski, slično kako se i na Zemlji definiraju zemaljski meridijani, ekvator i širinski krugovi, da posluže kao zemaljski koordinatni sustav, u kome je položaj izvjesnoga mjesta na Zemlji određen jednoznačno svojim geografskim koordinatama: širinom i duljinom. Dolazimo tako do nebeskih koordinatnih sustava i nebeskih koordinata, koje nam daju nužnu podlogu za proučavanje prividnih pojava na nebu.

Horizontalni koordinatni sustav. Polazi se od smjera vertikale u mjestu opažanja (ZZ_1, sl. 1.), t. j. od smjera sile teže, što ga pokazuje nit, o kojem slobodno i u miru visi teško tijelo. Vertikala siječe nebesku kuglu u dvije točke, u jednoj vidljivoj, iznad glave opažača, u zenitu (Z), i u drugoj nevidljivoj, na protivnoj strani nebeske kugle, u nadiru (Z_1). Horizont u mjestu opažanja je najveći krug na nebeskoj kugli, kojega ravnina (ravnina horizonta) stoji okomito na spojnici zenita i nadira. Od ravnine toga horizonta, koji se zove i pravi ili geocentrični horizont, jer prolazi središtem Zemlje, razlikuje se ravnina prividnoga horizonta u mjestu opažanja, koja prolazi dotičnim mjestom a paralelna je s ravninom pravoga horizonta.

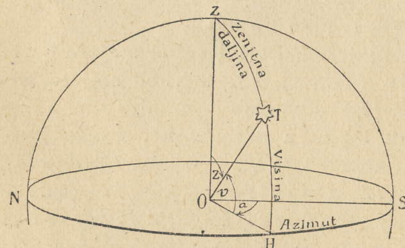
Svjetska osovina (PP_1), t. j. pravac, oko kojega se Zemlja u 24^h jednom okrene izvodeći time pojave dnevnoga gibanja neba, siječe Zemlju u sjevernom i južnom geografskom polu, a nebesku kuglu u sjevernom (P) i južnom (P_1) nebeskom polu, od kojih je prva točka za nas na sjevernoj zemaljskoj polukugli vidljiva, a druga na suprotnoj strani nebeske kugle nevidljiva. U svakom je mjestu svjetska osovina nagnuta spram ravnine horizonta pod kutom, koji se zove visina pola u tome mjestu, a koji je jednak geografskoj širini (φ) dotičnoga mjesta. Pod istim je kutom φ nagnuta vertikala u tom mjestu spram ravnine ekvatora.



Sl. 1. Krugovi na nebeskoj kugli. — ZZ_1 vertikala u mjestu s geografskom širinom φ. PP_1 svjetska osovina. ZSZ_1NZ meridijan mjesta. N, E, S, W kardinalne točke horizonta.

Meridijan u mjestu opažanja je najveći krug $(ZSZ_1\,NZ)$ na nebeskoj kugli, koji prolazi sjevernim nebeskim polom i zenitom u tom mjestu (dakle i južnim nebeskim polom i nadirom).

Vertikalni krug nebeskoga tijela je najveći krug na nebeskoj kugli, koji prolazi tim tijelom te zenitom i nadirom, pa stoji potom okomito na horizontu. I meridijan je vertikalni krug, koji prolazi još i nebeskim polovima. Među vertikalnim krugovima ističe se prvi vertikal, t. j. vertikalni krug okomit na meridijanu.



Sl. 2. Horizontalni koordinatni sustav. — O mjesto opažanja. OZ vertikala u tom mjestu. NHS horizont. NZS meridijan. ZTH vertikalni krug nebeskoga tijela T.

Meridijan siječe horizont u dvije točke: u sjevernoj (N) i južnoj (S) točki horizonta, a prvi ga vertikal siječe u dvije točke: istočnoj (E) i zapadnoj (W) točki horizonta. Te četiri točke jesu kardinalne točke horizonta.

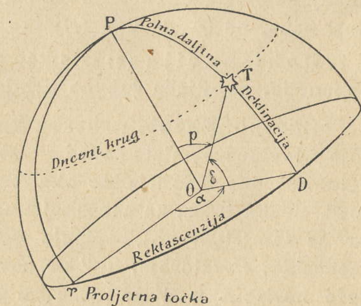
Položaj nebeskoga tijela T (sl. 2.) u izvjesnom času određen je u ovom sustavu s dvije veličine, s dvije horizontalne koordinate: s visinom i azimutom. Visina (v) nebeskoga tijela je kut (TOH) smjera njegova s ravninom horizonta u mjestu opažanja. Broji se u ravnini vertikalnoga kruga tijela T od horizonta do zenita od 0^0 do $+90^0$ i od horizonta do nadira od 0^0 do -90^0. Često se mjesto visine upotrebljava zenitna daljina (z), koja je komplement visine, t. j. $z = 90^0 - v$. Broji se u ravnini istoga vertikalnog kruga od zenita prema nadiru od 0^0 do 180^0.

Azimut (a) nebeskoga tijela je kut (SOH) ravnine meridijana u mjestu opažanja i vertikalnoga kruga tijela T. Broji se na horizontu počevši od S preko W, N, E od 0^0 do 360^0. Horizontalne koordinate nebeskoga tijela mijenjaju se s mjestom opažanja, a u istom mjestu neprekidno ih mijenja dnevna vrtnja nebeske kugle.

Ekvatorski koordinatni sustavi. Što su u prvom sustavu bili smjer vertikale i horizont, to su ovdje svjetska osovina i nebeski ekvator, t. j. najveći krug na zemaljskoj kugli, kome ravnina stoji okomito na svjetskoj osovini; to je ujedno i presjek ravnine zemaljskoga ekvatora s nebeskom kuglom. Vertikalnom krugu odgovara ovdje satni krug nebeskoga tijela (krug deklinacije), koji je najveći krug na nebeskoj kugli, što prolazi tim tijelom i nebeskim polovima te stoji potom okomito na nebeskom ekvatoru (sl. 1. i 3.).

Položaj nebeskoga tijela određuju ekvatorske koordinate na dva načina: ili s pomoću satnoga kuta i deklinacije ili s pomoću rektascenzije i deklinacije.

Prvi sustav. Satni kut (τ) (sl. 1. i 3.) nebeskoga tijela T je kut ravnine satnoga kruga tijela i ravnine meridijana u mjestu opažanja. Broji se počevši od meridijana, i to od one pole njegove, koja, omeđena sjevernim i južnim nebeskim



Sl. 3. Ekvatorski koordinatni sustav. O središte Zemlje. OP svjetska osovina. γD nebeski ekvator. PTD satni krug nebeskoga tijela T. γP satni krug proljetne točke γ.

*

polom, sadržava zenit, u smislu dnevne vrtnje neba od 0^0 do 360^0, ili počevši od meridijana preko *W* do *N* od 0^0 do $+180^0$, i od meridijana preko *E* do *N* od 0^0 do -180^0. — Obično se mjesto u $^0\ '\ ''$ daje satni kut u $^h\ ^m\ ^s$ radi sveze njegove s mjerenjem vremena. Pri tome je 360^0 ekvivalentno s 24^h, dakle $1^h = 15^0$, $1^m = 15'$, $1^s = 15''$, a $1^0 = 4^m$, $1' = 4^s$, $1'' = 0^s.0666$... Na pr. $128^0\ 16'\ 35{\cdot}00'' = 8^h\ 33^m\ 6^s.333$.

Deklinacija (δ) (sl. 3.) nebeskoga tijela *T* je kut smjera njegova s ravninom nebeskoga ekvatora. Broji se u ravnini satnoga kruga njegova počevši od ekvatora do sjevernoga nebeskog pola od 0^0 do $+90^0$ (sjeverna nebeska polukugla) i od ekvatora do južnoga pola od 0^0 do -90^0 (južna nebeska polukugla). — Mjesto deklinacije upotrebljava se i daljina nebeskoga tijela od sjevernoga pola (polna daljina) $p = 90^0 - \delta$. Broji se u ravnini istoga satnog kruga od sjevernoga pola prema južnome od 0^0 do 180^0.

Satni se kut radi dnevne vrtnje neba neprekidno mijenja, a ovisi i o meridijanu mjesta opažanja, dok na deklinaciju vrtnja neba ne utječe.

Drugi sustav. Rektascenzija (α ili AR) (sl. 3.) neke točke *T* na kugli nebeskoj je kut ravnine satnoga kruga te točke i ravnine satnoga kruga, koji prolazi jednom osobitom točkom nebeskoga ekvatora, t. zv. proljetnom točkom (Υ), u kojoj se središte Sunca nađe u času, kad se astronomski počinje proljeće. Rektascenzija se broji na nebeskom ekvatoru počevši od proljetne točke u smislu godišnjega prividnog gibanja Sunca, t. j. u smislu protivnom dnevnoj vrtnji neba, od 0^h do 24^h (rijetko od 0^0 do 360^0).

Deklinacija (δ) isto kao gore. Na rektascenzije, kao ni na deklinacije, ne utječe dnevna vrtnja neba.

Dnevno gibanje nebeske kugle. Dnevna vrtnja Zemlje oko svoje osovine u smislu zapad — istok izvodi prividnu dnevnu vrtnju kugle nebeske kao cjeline oko svjetske osovine u smislu istok—zapad. Svaka točka na nebeskoj kugli, koja nema vlastitoga gibanja (bar ne zamjetljivoga), opisuje pri tome gibanju krug, paralelan s nebeskim ekvatorom, koji se zove dnevni krug (sl. 3.), i koji siječe horizont u dvije točke; u jednoj od tih točaka izlazi nad horizont kod dnevnoga gibanja, a u drugoj se spušta pod horizont. Najveću visinu dosegne točka u svakom mjestu u času, kad prolazi meridijanom toga mjesta, i to onom polovinom njegovom, koja spaja sjeverni nebeski pol s južnim preko zenita ($PZSP_1$, sl. 1.).

Nalazi se tada u gornjoj kulminaciji; satni joj je kut $\tau = 0^h$. Najmanju visinu dosegne, kad se nađe u drugoj poli meridijana (PNZ_1P_1), kad je u donjoj kulminaciji; tada joj je satni kut $\tau = 12^h$. Nebeska tijela s vlastitim gibanjem (na pr. Sunce, Mjesec) dosegnu najveću i najmanju visinu izvan meridijana.

Pojavi kod dnevne vrtnje nebeske kugle stoje do geografske širine mjesta opažanja. Za opažača na zemaljskom ekvatoru ($\varphi = 0^0$) nebeski su polovi u horizontu, nebeski ekvator prolazi zenitom, zvijezde opisuju vertikalne dnevne krugove, a horizont raspolavlja dnevne krugove njihove. Na sjevernom polu Zemlje ($\varphi = 90^0$) sjeverni je nebeski pol u zenitu, ekvator u horizontu, sve zvijezde sjeverne nebeske polukugle ostaju uvijek iznad horizonta ne izlazeći i ne zalazeći, nego opisuju dnevne krugove paralelne s horizontom, a zvijezde južne polukugle ne izlaze nikada (sve ovo, ako se ne uzme u obzir t. zv. refrakcija, o kojoj vidi dalje). Sunce, koje je od početka proljeća do početka jeseni na sjevernoj nebeskoj polukugli, bit će sve to vrijeme iznad horizonta, te ne će zalaziti; u vrijeme od početka jeseni do početka proljeća u idućoj godini ono je na južnoj nebeskoj polukugli, te sve to vrijeme ne će izlaziti nad horizont. Slično će se vladati i Mjesec u razmacima od četrnaest dana od prilike.

U svim drugim mjestima na Zemlji opisuje svaka točka na nebeskoj kugli krugove koso priklonjene spram horizonta, kojih kut priklona ovisi o geografskoj širini mjesta. Zvijezde, kojima je polna daljina p manja od geografske širine φ mjesta opažanja (sl. 1.), bit će uvijek nad horizontom, njima su i dnevni krug i obje točke kulminacije iznad horizonta (cirkumpolarne zvijezde). Zvijezde, kojima je daljina od južnoga nebeskog pola manja od geografske širine mjesta, ne dižu se uopće iznad horizonta. Sve druge zvijezde izlaze i zalaze u onim točkama horizonta, u kojima dnevni krug njihov siječe horizont. Luk, što ga opišu gibajući se s nebeskom kuglom od izlaza do zalaza, je dnevni luk njihov. Što je veća deklinacija nebeskoga tijela (na sjevernoj zemaljskoj polukugli), veći mu je dnevni luk. Dnevni luk Sunca osobito je važan, jer do njega stoji duljina dana. Kako on stoji do geografske širine mjesta, to je i duljina dana u različnim mjestima istoga meridijana različna. Iz tablice na idućoj strani vidi se trajanje najduljega i najkraćega dana.

Širina φ	Najdulji dan	Najkraći dan	Širina φ	Najdulji dan	Najkraći dan
	h m	h m		h m	h m
0°	12 5	12 4·5	50	16 18	8 0
10	12 40	11 30	55	17 17	7 5
20	13 18	10 53	60	18 45	5 45
30	14 2	10 10	65	21 43	3 22
40	14 58	9 16	65° 59′	24 0	2 30
45	15 33	8 42	67° 7′	24 0	0 0

Na sjevernoj polukugli dan je najdulji u času, kad se astronomski počinje ljeto (ljetni solsticij), najkraći u času, kad se počinje zima (zimski solsticij). Na južnoj je polukugli obrnuto. Na ekvatoru je najdulji dan u početku ljeta i zime, najkraći u početku proljeća i jeseni.

U krajevima između geografskoga pola (sjevernog ili južnog) i polarnoga kruga ostaje Sunce dulje vremena nad horizontom ne zalazeći za to vrijeme (polarni dan), u drugo doba godine ostaje ispod horizonta ne izlazeći za to vrijeme (polarna noć). Iz tablice se vidi trajanje polarnoga dana i noći za sjevernu i južnu zemaljsku polukuglu.

Sjeverna širina	Polarni dan	Polarna noć	Južna širina	Polarni dan	Polarna noć
70°	70d	55d	70°	65d	59d
75	107	93	75	101	99
80	137	123	80	130	130
85	163	150	85	156	158
90	189	176	90	182	183

Određivanje geografske širine. Mjerenje zenitne daljine z nebeskoga tijela (na pr. zvijezde stajaćice) u času gornje ili donje kulminacije, kada z ima najmanju dotično najveću vrijednost, daje način, da se odredi geografska širina mjesta opažanja, ako je poznata deklinacija nebeskoga tijela. Budući da je kut, što ga čini vertikala u mjestu opažanja s ravninom ekvatora, također jednak geografskoj širini φ u mjestu opažanja, izlazi (sl. 1. i 3.) ova relacija za gornju kulminaciju:

$\varphi = \delta + z$ (ako tijelo kulminira južno od zenita),

$\varphi = \delta - z$ (ako tijelo kulminira sjeverno od zenita).

U času donje kulminacije je:

$$z = (90^0 - \varphi) + (90^0 - \delta),$$

prema tome

$$\varphi = 180^0 - (z + \delta).$$

Ekliptički koordinatni sustav. Dnevnim motrenjem rektascenzije i deklinacije središta Sunčeve ploče razabira se, da se Sunce pomiče na nebeskoj kugli među zvijezdama od zapada prema istoku nezavisno od dnevnoga gibanja svoga zajedno s nebeskom kuglom od istoka prema zapadu. Rektascenzija mu raste, ali nejednoliko, od početka proljeća, kada je jednaka 0^h, do 24^h, a deklinacija prima sve vrijednosti između $-23^0 27'$ (početak zime) i $+23^0 27'$ (početak ljeta). To se pomicanje očituje i na taj način, što se u različna godišnja doba, a u iste sate, vide različna zviježđa na pr. na istočnom nebu. Mjerenja ekvatorskih koordinata Sunčeva središta pokazuju, da je godišnja staza njegova (zanemarivši sitne razlike) najveći krug na nebeskoj kugli, nazvan ekliptika, i da Sunce izvrši jedan ophod po nebu u godini dana. Kako je to godišnje gibanje Sunca samo odraz gibanja Zemlje oko Sunca, izvršenoga u istom vremenu i u istoj ravnini, možemo reći, da je ekliptika i presjek ravnine staze Zemljine oko Sunca (ravnine ekliptike) s nebeskom kuglom.

Ekliptika ima u ekliptičkom koordinatnom sustavu zadaću horizonta i nebeskoga ekvatora u predašnja dva sustava. Zadaću vertikale i svjetske osovine ima osovina ekliptike, t. j. okomica na ekliptici u središtu kugle nebeske. Ona siječe nebesku kuglu u dvije točke, od kojih jedna, sjeverni pol ekliptike, leži na sjevernoj nebeskoj polukugli, a druga, južni pol ekliptike, na južnoj. — S nebeskim ekvatorom čini ekliptika kut, priklon ekliptike, koji iznosi oko $23^0 27'$, a malo se s vremenom mijenja. Za taj je isti kut sjeverni nebeski pol sferno udaljen od sjevernoga pola ekliptike. — Nebeski ekvator i ekliptika sijeku se u dvije točke, ekvinokcijalne točke, od kojih je jedna već spomenuta proljetna točka, a druga, diametralno nasuprot, jesenja točka, u kojoj se Sunce nađe u času, kad se astronomski počinje jesen. 90^0 u ekliptici dalje od proljetne točke u smislu godišnjega gibanja Sunca leži ljetna solsticijalna točka, a 90^0 u istom smislu dalje od jesenje točke leži zimska solsticijalna točka, u kojima se Sunce nađe u početku ljeta, dotično

zime. — Širinski krug je najveći krug na nebeskoj kugli, koji prolazi polovima ekliptike. On stoji dakle okomito na ravnini ekliptike.

Položaj nebeskoga tijela određuju dvije ekliptičke koordinate, duljina i širina. Duljina (λ) nebeskoga tijela T je kut ravnine širinskoga kruga njegova i ravnine širinskoga kruga, koji prolazi proljetnom točkom. Broji se na ekliptici počevši od proljetne točke u smislu godišnjega prividnog gibanja Sunca od 0^0 do 360^0, dakle u istom smislu, u kome se broje i rektascenzije.

Širina (β) nebeskoga tijela T je kut smjera njegova i ravnine ekliptike. Broji se u ravnini širinskoga kruga njegova počevši od ekliptike do sjevernoga pola ekliptike od 0^0 do $+90^0$, i od ekliptike do južnoga pola ekliptike od 0^0 do -90^0. Na duljinu kao ni na širinu ne utječe dnevna vrtnja neba.

Godišnje dobe. Faze Mjesečeve. Godišnje prividno gibanje Sunca u ekliptici pokazuje naša efemerida dajući svaki dan duljinu središta Sunčeva u srednje podne greenwichko. Iz nje se vidi, da to gibanje nije jednoliko, nego da je najbrže u početku januara, najsporije u početku jula, što je opet odraz gibanja Zemljina, koja je tada najbliže Suncu (perihel), dotično najdalje od Sunca (afel), pa joj je brzina najveća, dotično najmanja.

Do duljine Sunca stoji početak godišnjih dobi. Kako vidjesmo, proljeće se počinje, kad je duljina Sunca $\lambda = 0^0$; ljeto, kad je $\lambda = 90^0$; jesen, kad je $\lambda = 180^0$; zima, kad je $\lambda = 270^0$. Današnje srednje trajanje godišnjih dobi je ovo:

proljeće	$92^d\ 20^h$,
ljeto	$93^d\ 15^h$,
jesen	$89^d\ 19^h$,
zima	$89^d\ 0^h$.

Proljeće i ljeto traju dakle zajedno gotovo 8^d dulje od jeseni i zime. — Na južnoj je zemaljskoj polukugli ljeto, kad je na sjevernoj zima, a jesen, kad je na sjevernoj proljeće, pa je stoga na pr. južno ljeto kraće od sjevernoga za više od 4^d. — Trajanje se godišnjih dobi s vremenom mijenja.

Mijene (faze) Mjesečeve stoje do razlike duljina Sunca i Mjeseca. Mlađ, prva četvrt, uštap, posljednja četvrt nastaju u času, kad je duljina središta ploče Mjesečeve za 0^0, 90^0, 180^0, 270^0 veća od duljine središta ploče Sunčeve.

Prividno gibanje planeta. Do razlike duljine planeta i Sunca stoje i pojedini pojavi prividnoga gibanja planeta. Planet je u konjunkciji sa Suncem s obzirom na zemaljskoga opažača, kad mu je duljina jednaka duljini Sunca; Sunce i planet, gledani sa Zemlje, nalaze se u istom pravcu s iste strane Zemlje. Planet je u opoziciji sa Suncem, kad mu se duljina razlikuje od Sunčeve za 180^0; gledani sa Zemlje, Sunce i planet nalaze se u istom pravcu, no na suprotnim stranama Zemlje, te je Zemlja između njih. Planet je u kvadraturi sa Suncem, kad mu se duljina razlikuje od Sunčeve za 90^0.

Gornji planeti (Mart, Jupiter, Saturno, Uran, Neptun) dolaze sa Suncem naizmjence u konjunkcije i opozicije (preko kvadratura); donji planeti (Merkur, Venera) ne mogu doći u opoziciju, nego dolaze u dvije vrste konjunkcija: gornju i donju. Gledani sa Zemlje nalaze se oni tada sa Suncem u istom pravcu i s iste strane Zemlje, samo je u gornjoj konjunkciji planet dalji od Zemlje nego Sunce, dok je u donjoj bliže. Donji se planeti u prividnom svom gibanju nikad ne udaljuju daleko od Sunca. Najveća im je kutna daljina od Sunca, kada su u istočnoj ili zapadnoj elongaciji.

Tok prividnoga gibanja planeta u glavnom je ovaj. Planet polazeći iz gornje konjunkcije giba se isprva među zvjezdama spram istoka, direktno, t. j. u smislu, u kome rastu rektascenzije i duljine. Gibanje mu biva pomalo sporije, dok ne stane, bude stacijonaran. Tad se okrene smjer gibanja i planet se giba neko vrijeme spram zapada, retrogradno, prolazeći opozicijom (ako je gornji planet) ili donjom konjunkcijom (ako je donji planet). Kad dovrši retrogradno gibanje, bude planet opet stacijonaran te se poslije toga časa giba direktno, dok ne stigne u gornju konjunkciju i dovrši jedan t. zv. sinodski ophod.

Zodijak. Tako se zove pojas na nebeskoj kugli širok 16^0, koga ekliptika uzduž raspolavlja i unutar kojega se gibaju Sunce, Mjesec i planeti. Počevši od proljetne točke razdijeli se taj pojas u dvanaest jednakih dijelova (svaki po 30^0 duljine), te se po prastarom običaju zovu ti dijelovi: Ovan, Bik, Blizanci . . ., Ribe; to su znaci zodijaka. Ovan, Bik, Blizanci su proljetni znaci; Rak, Lav, Djevica ljetni znaci; Vaga, Štipavac, Strjeljač jesenji, a Jarac, Vodenjak, Ribe zimski znaci. Radi precesije (vidi dalje) ne podudaraju se danas znaci zodijaka s istoimenim zviježđima. Znak je Ovna na primjer danas u zviježđu Riba; svaki znak se pomakao natrag, u zviježđe zapadno od njega.

Precesija i nutacija. Osnovne ravnine u koordinatnim sustavima ekvatorskom i ekliptičkom: nebeski ekvator i ekliptika nijesu u prostoru nepomične, zato ni ekvatorske, ni ekliptičke koordinate nebeskoga tijela nijesu konstantni brojevi, nego se mijenjaju s vremenom, no te su promjene u kraćim vremenskim razmacima sitne.

Ravnina ekliptike, dakle ravnina staze Zemlje oko Sunca, mijenja svoj položaj u tijeku vremena kao i ravnine svih drugih staza planetskih. Uzrok je u tome, što gibanje svakoga planeta smetaju drugi članovi Sunčeva sustava; oni izvode *perturbacije* u gibanju njegovu oko Sunca, koje bi bez toga bilo strogo gibanje po zakonima Keplerovim, pa bi napose ravnina, u kojoj bi se gibalo težište Zemlje, kad ne bi bilo perturbacija, imala za sva vremena nepromijenjen položaj u prostoru. — *Ravnina nebeskoga ekvatora* mijenja svoj položaj u tijeku vremena, jer privlačenje Sunca i Mjeseca na Zemlju, koja se vrti oko svoje osovine a ima oblik sferoida, nastoji da umanji priklon ekliptike. Radi vrtnje Zemljine izlazi otale gibanje osovine njezine, koja bi inače ostala paralelna samoj sebi u prostoru. To čini, da ona neprekidno mijenja svoj položaj u prostoru opisujući stožac, kome je vrh u težištu Zemlje, a plašt nepravilno navorana pravčasta ploha. Poradi toga ne ostaju ni nebeski polovi na svom mjestu, ni nebeski ekvator, koji je okomit na svjetskoj osovini. — Budući da se obje te ravnine lagano pomiču u prostoru, pomiču se i presjecišta njihova, to jest ekvinokcijalne točke, a mijenja se i kut, što ga čine, to jest priklon ekliptike. Da se odijele promjene koordinata, kojima je uzrok pomicanje osnovnih ravnina i krugova, od onih, kojima je uzrok samo gibanje tijela, treba ta pomicanja istražiti i uzeti u račun.

Kod analitičkoga izučavanja pomicanja osnovnih ravnina vidi se, da se ono sastavlja od dva raznovrsna pomicanja, koja se odjelito izučavaju. Prvo pomicanje i nebeskoga ekvatora i ekliptike je sporo, biva uvijek u istom smislu u dugom nizu godina i gotovo je razmjerno s vremenom; to je *sekularno* pomicanje. Položaj, u kome bi se u neki čas nalazili ekvator i ekliptika poradi samoga sekularnog pomicanja, je *srednji ekvator* i *srednja ekliptika* u taj čas. Presjecište njihovo je *srednja proljetna točka* u taj čas, a kut, što ga zatvaraju, je *srednji priklon ekliptike* u taj čas. — Drugo pomicanje, uzeto samo za se, sastavljeno je od mnogo sitnih periodičkih pomicanja; radi njega bi i ekvator i ekliptika u *glavnom* oscilirali oko srednjega položaja; jednom

bi se nalazili iznad njega, zatim bi mu se približavali i napokon s njime podudarali; poslije toga bi se spuštali ispod srednjega položaja i udaljivali od njega do izvjesnoga časa, da se stanu napokon opet vraćati u isti položaj. — Uistinu se oba gibanja sastavljaju, i to sastavljeno gibanje je pravo gibanje nebeskoga ekvatora i ekliptike. Položaj, koji kod toga pravog gibanja imaju ekvator i ekliptika u izvjesnom času, je *pravi ekvator* i *prava ekliptika* u tom času. Jedna od točaka, u kojoj se doista sijeku u taj čas, je *prava proljetna točka* u taj čas, a kut, što ga zatvaraju, je *pravi priklon ekliptike* u taj čas. U praktičnoj se astronomiji upotrebljava samo srednja ekliptika kao osnovna ravnina; ne uzimaju se dakle u obzir njene oscilacije.

Sekularno pomicanje ekvatora i ekliptike zove se *precesijom* njihovom, a ono pomicanje, što izlazi iz oscilacijâ ekvatora, zove se *nutacijom*.

Gibanje proljetne točke. Vrste godina. Pomicanja osnovnih ravnina zrcale se u gibanju proljetne točke po ekliptici i u srodnom gibanju njenom po nebeskom ekvatoru. Proljetna točka pomiče se po ekliptici dvojako. Poradi same precesije pomicala bi se ona po pomičnoj ekliptici sporo, uvijek u istom smislu u dugom nizu godina i gotovo razmjerno s vremenom, u sadašnje doba odprilike za 50·26″ godišnje i to u smislu protivnom od onoga, u kome se broje duljine; radi toga *rastu* duljine svih nebeskih tjelesa. Po nebeskom ekvatoru pomiče se proljetna točka na sličan način, samo godišnje otprilike za 46·09″. To pomicanje, *precesija proljetne točke* ili *precesija ekvinokcija*, biva u smislu protivnom od onoga, u kome se Sunce prividno giba na nebu u tijeku godine dana; proljetna točka, u kojoj se središte Sunca našlo na početku proljeća, giba se unatrag te ide ususret Suncu („*precesija*“), koje ima opet doći u proljetnu točku. Vrijeme dakle, što ga središte Sunca treba da prođe ekliptiku te da se vrati u proljetnu točku (*tropska godina*), kraće je od onoga, što bi ga trebalo da se vrati u istu točku ekliptike, iz koje je pošlo (*siderska godina*). *Srednje trajanje tropske godine*, t. j. poprečno trajanje izvedeno iz opažanja velikoga broja godina, je $365^d\ 5^h\ 48^m\ 45^s{\cdot}98$ = 365·242 198 78 srednjih Sunčevih dana (vrijedi za početak godine 1900.; duljina se ta nešto mijenja, te se u 1000 godina umanji za $5{\cdot}3^s$), a *trajanje siderske godine* je $365^d\ 6^h\ 9^m\ 9^s{\cdot}5$ = 365·256 360 42 srednjih dana (g. 1900.; s vremenom se duljina mijenja, no sasvim neznatno). Tropska je godina radi veze s godišnjim

*

dobama za čovjeka najvažnija, te je ona godina, na kojoj se osniva kalendar.

U astronomiji se upotrebljava još i treća godina anomalistička, t. j. vrijeme, što poprijeko proteče između dva prolaza Sunčeva perigejom, koji dolaze jedan za drugim (ili, što je isto, između dva prolaza Zemlje perihelom, koji dolaze jedan za drugim). Budući da se spojnica perigeja i apogeja Sunčeva u prividnoj ekliptičkoj stazi njegovoj oko Zemlje, t. zv. pravac apsida, lagano giba spram istoka, anomalistička je godina nešto dulja od siderske i iznosi $365^d\,6^h\,13^m\,53^s{\cdot}0$ = 365·259 641 34 srednjih dana (g. 1900; u 100 godina uveća se za $0^s{\cdot}3$).

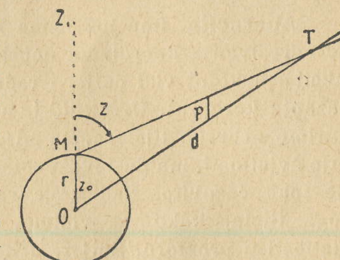
Mjesto, gdje bi se proljetna točka nalazila u izvjesni čas samo radi toga sekularnog pomicanja, je srednji ekvinokcij u taj čas; rektascenzije ili duljine mjerene od toga srednjeg ekvinokcija kao ishodišta na srednjem ekvatoru ili srednjoj ekliptici u isti čas jesu srednje rektascenzije i duljine. Precesija osnovnih ravnina mijenja i ekvatorske i ekliptičke koordinate nebeskih tjelesa.

Dok se srednja proljetna točka pomiče sekularno, oscilira prava proljetna točka oko pomične srednje, i to najviše za nekih 17″ na svaku stranu, a dovrši jednu takovu oscilaciju u glavnom za $18^2/_3$ god. Ovo drugo periodičko pomicanje je nutacija proljetne točke. Kod priklona ekliptike imamo nutaciju u priklonu; prava ekliptika oscilira oko srednje za nekih 9″ na svaku stranu te izvrši jednu oscilaciju u istoj periodi od $18^2/_3$ god. otprilike. Od srednjih se dakle vrijednosti duljinâ, rektascenzijâ ili priklonâ ekliptike prelazi na vrijednosti njihove mjerene od prave proljetne točke dodavši im iznos nutacije u duljini, rektascenziji ili priklonu ekliptike. — Budući da nutacija potječe samo od pomicanja ekvatora te ne utječe na položaj ekliptike, nutacija je u širini jednaka nuli, dok se duljine nebeskih tjelesa kao i obje ekvatorske koordinate periodički mijenjaju.

Redukcija na pravo mjesto. Često se u astronomiji mora prijeći od koordinata nebeskoga tijela mjerenih od srednjega ekvinokcija na početku godine (srednjega mjesta) na koordinate mjerene od pravoga ekvinokcija u neki čas (pravo mjesto). Tada se najprije doda srednjim koordinatama na početku godine iznos precesije za vrijeme, koje je proteklo od početka godine do dotičnoga časa i time se prijeđe na koordinate mjerene od srednjega ekvinokcija u taj čas. Tim se vrijednostima doda još iznos nutacije u isti čas i tako se dobiju koordinate nebeskoga tijela mjerene od pravoga ekvinokcija u onaj čas. Taj se račun zove redukcija na pravo mjesto.

Paralaksa. Kada se radi o nebeskim tjelesima Sunčeva sustava, valja u račun uzeti promjenu prividnoga položaja njihova, koja nastaje radi toga, što se opažanja ne izvode sva u jednom mjestu Zemlje, nego u različnim mjestima. Da se ta različna opažanja mogu izravno isporediti, valja ih svesti na vrijednosti, koje bi imala, da su izvedena u istoj točki kugle zemaljske, za koju se uvijek uzima središte Zemlje (geocentrična opažanja).

Smjer nebeskoga tijela T (sl. 4.) gledanoga iz središta Zemlje O je OT; smjer istoga tijela gledanoga iz mjesta opažanja M je MT. Razlika obadvaju smjerova, t. j. kut $OTM = p$, je dnevna paralaksa tijela T. Jasno je, da je p i kut, pod kojim se iz središta tijela T vidi polumjer Zemlje r, koji pripada mjestu M.



Sl. 4. O središte Zemlje. M mjesto opažanja. T nebesko tijelo. OZ smjer vertikale u M. d daljina tijela T od O. p paralaksa tijela T.

Kad se radi na pr. o zenitnim daljinama, vidi se iz sl. 4., da je paralaksa $p = z - z_0$ ona korekcija, kojom se prelazi od zenitne daljine z izmjerene u M na geocentričnu zenitnu daljinu z_0.

Dnevna je paralaksa najveća, kad je $z = 90^0$, t. j. kad je tijelo T u horizontu mjesta M; to je horizontalna paralaksa. A ako se uzme u obzir, da Zemlja nije kugla, nego vrlo približno rotacijoni elipsoid na polovima spljošten, t. j. tijelo nastalo rotacijom elipse oko male osovine, imaju mjesta na ekvatoru zemaljskom najveći radij, pa im je i horizontalna paralaksa najveća; to je horizontalna ekvatorska paralaksa, dakle kut, pod kojim se vidi radij jednoga mjesta na zemaljskom ekvatoru iz središta tijela T u času, kad mu je ono u horizontu. Ta je paralaksa uvijek maleni kut. Kod Sunca iznosi ona u srednjoj daljini Sunca od Zemlje 8·80″, kod Mjeseca, koji ima od svih članova Sunčeva sustava najveću paralaksu, iznosi srednja vrijednost njena 57′ 2·70″ (Delaunay-Radau), a mijenja se između 52′ i 62′.

Budući da je horizontalna ekvatorska paralaksa obrnuto razmjerna s daljinom nebeskoga tijela od središta Zemlje, poznavanje je te paralakse isto što i poznavanje daljine, mjerene ekvatorskim radijem Zemlje kao jedinicom (oko 6378 km). Kod Sunca izlazi otale, da je srednja daljina Sunca od Zemlje 23439·18 ekvatorskih radija Zemlje, a srednja daljina Mjeseca od Zemlje 60·2665 istih jedinica

Kod opažanja zvijezda stajaćica iščezava dnevna paralaksa, no za neke od njih nama dovoljno bliske postoji *godišnja paralaksa*, t. j. promjena prividnoga položaja njihova prema tome, s koje se točke u godišnjoj stazi Zemlje oko Sunca zvijezda opaža. Napose se zove godišnja paralaksa kut, pod kojim se s te zvijezde vidi polovina velike osovine staze Zemlje oko Sunca, kad osovina stoji okomito na spojnici zvijezde i središta Sunca. Taj je kut uvijek vrlo malen te najveća danas poznata godišnja paralaksa (zvijezda Proxima Centauri) iznosi 0·78″.

Aberacija. Ima još jedna korekcija, koju treba uzeti u obzir kod određivanja koordinata nebeskih tjelesa iz opažanja (osim refrakcije, o kojoj vidi dalje, i radi koje se mjerenje odmah poslije opažanja korigira). Uzrok joj je u tom, što mjesto (Zemlja), s koga motrimo nebeska tijelesa, ne miruje u prostoru, nego se giba, a širenje svjetlosti, ma da biva veoma brzo (oko 300.000 km u sekundi), nije ipak časovito. Radi toga se spojnica oka opažačeva i nebeskoga tijela, kako ga vidimo, ne podudara sa smjerom zrake svjetlosti u prostoru. Smjer, u kome vidimo nebeska tjelesa, promijenio se u smislu gibanja Zemlje za neki kut, *kut aberacije*, koji stoji do smjera zrake svjetlosti spram smjera gibanja Zemlje i do omjera brzine Zemlje i brzine svjetlosti; sam se pojav zove *aberacija svjetlosti*. Smjer nebeskoga tijela, kako ga daju opažanja, je *prividni smjer*; smjer, koji bismo našli, da nema aberacije, je *pravi smjer* nebeskoga tijela. Mjesto nebeskoga tijela na nebeskoj kugli, kako ga vidimo i kojega se mjerenja tiču, je *prividno mjesto* njegovo (*prividna rektascenzija, duljina*); radi aberacije razlikuje se to mjesto od *pravoga mjesta* njegova.

Iz godišnjega gibanja Zemlje oko Sunca (brzina 29—30 km u sekundi) izlazi za zvijezde *godišnja aberacija* zvijezda stajaćica, a iz dnevne vrtnje njene oko osovine (brzina točke na ekvatoru 465 m u sekundi) izlazi *dnevna aberacija*. Učinak godišnje aberacije na zvijezde stajaćice je taj, da svaka zvijezda opiše u godini dana oko pravoga položaja elipsu, kojoj je velika osovina paralelna s ekliptikom i iznosi 40·94″. Za zvijezde, koje bi se nalazile u polu ekliptike, reducirala bi se elipsa na kružnicu, a za zvijezde u ravnini ekliptike na pravac. Učinak godišnje aberacije na duljinu Sunca vrlo je približno taj, da je *prividna duljina Sunca za 20·47″ manja od prave duljine Sunca.*

Dnevna aberacija izvodi malu promjenu u položaju nebeskih tjelesa. Najveći joj je iznos $0{\cdot}3^s$.

Kod *članova Sunčeva sustava* nađe se pravo mjesto njihovo na temelju teorema sferne astronomije o „*planetskoj aberaciji*"; prema njemu se prividno mjesto u času t podudara s pravim mjestom u času t--$v.\ a.$, gdje $v.\ a.$ znači *vrijeme aberacije*, t. j. vrijeme, što ga treba svjetlost, da dođe od dotičnoga nebeskog tijela k Zemlji; pri tome je $v.\ a. = 498{\cdot}5^s \times D$, gdje D znači daljinu nebeskoga tijela od Zemlje mjerenu astronomskom jedinicom za duljine (o kojoj vidi dalje).

Reductio ad locum apparentem. Opažanja, koja se osnivaju na vrtnji Zemlje oko osovine, daju *prividne koordinate* nebeskih tjelesa, koje se odnose na momentani položaj ekvatora i ekliptike, dakle su mjerene od prave proljetne točke u času opažanja. Da se više takovih opažanja može isporediti, moraju se naći *prave koordinate* njihove mjerene od izvjesnoga jednog ekvinokcija. Zato se isprave koordinate najprije radi aberacije i paralakse (godišnje kod stajaćica, za koje je paralaksa izmjerena; dnevne kod članova Sunčeva sustava) i tako se dobiju prave koordinate u času opažanja, mjerene od pravoga ekvinokcija u tom času. Uklonivši iz njih nutaciju prelazi se na koordinate mjerene od srednjega ekvinokcija u istom času, a uzevši u račun precesiju od toga časa do početka godine dobivaju se koordinate mjerene od srednjega ekvinokcija na početku godine. Odatle se može lako prijeći na drugi koji srednji ekvinokcij. Obrnutim se računima prelazi od srednjih koordinata na početku godine na prividne koordinate u izvjesnom času. Taj se postupak zove reductio ad locum apparentem.

Zvjezdano vrijeme. Vrtnja Zemlje oko svjetske osovine u smjeru zapad-istok (ili prividna vrtnja kugle nebeske u smjeru istok-zapad oko iste osovine), za koju se može uzeti da je jednolika, već je od davnine uzeta za osnov mjerenja vremena. Počevši od izvjesnoga časa u vrtnji Zemlje mjeri se kut, za koji se nebeska kugla okrenula, i on se dovodi u svezu s vremenom. Tako se mjerenje vremena svodi u astronomiji na mjerenje kutova. Prirodno je, da se uzme za taj kut gore definirani satni kut neke točke na nebeskoj kugli, koji radi vrtnje Zemljine neprekidno raste od 0^0 do 360^0.

Tri se vrsti vremena upotrebljavaju u astronomiji: *zvjezdano vrijeme* astronomima najbliže, vezano uz proljetnu točku kao osobitu točku nebeske kugle, te *pravo i srednje Sunčevo* vrijeme, radi važnosti Sunca za život.

*

Zvjezdani dan je vrijeme, što proteče između dvije gornje kulminacije prave proljetne točke, koje slijede jedna za drugom; praktički uzevši, to je i vrijeme, u koje Zemlja (ili nebeska kugla) izvrši jedan okret oko osovine. *Zvjezdano vrijeme* (zv. vr.) u izvjesni čas u izvjesnom mjestu je satni kut prave proljetne točke u taj čas i u tome mjestu. Dakle je u svakom mjestu 0^h zv. vr., kada je proljetna točka u meridijanu toga mjesta u gornjoj kulminaciji, 1^h zv. vr., kad se vrtnjom kugle nebeske pomakla proljetna točka 15^0 iz meridijana na zapad, . . ., 23^h zv. vr, kad je proljetna točka s istočne strane 15^0 udaljena od meridijana. Zvjezdani dan, koji se počinje u času gornjega prolaza prave proljetne točke meridijanom mjesta (0^h zv. vr.), ima 24 sata zv. vr. (24×60 minuta zv. vr., $24 \times 60 \times 60$ sekunda zv. vr.). — Budući da radi precesije i nutacije prava proljetna točka nije nepomična, niti se giba jednoliko, nije tako definirano zvjezdano vrijeme jednolika mjera vremena, niti je duljina zvjezdanoga dana konstantna. No razlika spram sasvim jednolike mjere zvjezdanoga vremena tako je sitna (iznosi najviše $1{\cdot}05^s$ na više ili na manje u vremenu od $18^2/_3$ godina), da se u praksi astronomskoj i ne uzima u obzir.

S obzirom na način, kako se broje rektascenzije, jasno je, da svaka točka nebeske kugle dolazi u meridijan za toliko ^{hms} kasnije od proljetne točke, kolika joj je rektascenzija (izražena u ^{hms}), da je dakle *zvjezdano vrijeme u času gornje kulminacije te točke jednako njenoj rektascenziji.* Prema tome:

sve zvijezde s $\alpha = 0^h$ kulminiraju u svakom mjestu u 0^h zv. vr.,
sve zvijezde s $\alpha = 1^h$ kulminiraju u svakom mjestu u 1^h zv. vr.,
. . . .
sve zvijezde s $\alpha = 23^h$ kulminiraju u svakom mjestu u 23^h zv. vr.,

gdje se pod kulminacijom misli *gornja* kulminacija; donja se kulminacija događa 12^h zv. vr. kasnije.

Ako se ispoređuje zvjezdano vrijeme u koji drugi čas t s rektascenzijom zvijezde, nalazi se, da općeno vrijedi ova relacija (sl. 3.):

(a) $$t = \alpha + \tau,$$

gdje t znači zvjezdano vrijeme u izvjesnom mjestu i u izvjesnom času, α rektascenziju nebeskoga tijela (zvijezde, Sunca, Mjeseca i t. d.), a τ satni kut njegov u isti čas. Za $\tau = 0$ izlazi odatle gornja osobitost u času gornje kulminacije. Na njoj se osniva najjedno-

stavnija metoda za određivanje vremena motrenjem prolaza zvijezde meridijanom mjesta. Ura zvjezdanoga vremena, koja se ispituje, mora u času, kada zvijezda s poznatom rektascenzijom prolazi meridijanom mjesta, pokazivati toliko $^{h\,m\,s}$, kolika je rektascenzija zvijezde. Razlika $^{h\,m\,s}$ ure i rektascenzije zvijezde daje *korekciju ure*, i time određenje vremena.

Pravo i srednje Sunčevo vrijeme. Radi važnosti Sunca za život osniva se na prividnom gibanju njegovu drugo mjerenje vremena. *Pravi Sunčev dan* je vrijeme, što proteče između dvije gornje kulminacije središta pravoga Sunca, koje slijede jedna za drugom, a *pravo Sunčevo vrijeme* (pr. vr.) u nekom mjestu i u neki čas je satni kut središta pravoga Sunca u tome mjestu i u taj čas, kako se vidi iz središta Zemlje. Pravi Sunčev dan, koji se počinje u času gornje kulminacije središta pravoga Sunca (*pravo podne* = 0^h pr. vr.), ima 24 sata pr. vr. (24×60 minuta pr. vr., $24 \times 60 \times 60$ sekunda pr. vr.).

Budući da gibanje pravoga Sunca u ekliptici nije jednoliko, a i događa se u ravnini nagnutoj spram nebeskoga ekvatora, mijenja se trajanje pravoga Sunčeva dana u tijeku godine, pa tako pravo vrijeme nije zgodna mjera vremena. Stoga se uvodi mjesto pravoga Sunca, koje se nejednoliko giba u ekliptici, pomišljeno jedno „*srednje Sunce*“, koje se *jednoliko giba u nebeskom ekvatoru* u smislu, u kome se broje rektascenzije, i to tako, da se nikada mnogo ne udalji od pravoga Sunca, a svršava jedan ophod po nebeskom ekvatoru u istom vremenu, u kome poprijeko i pravo Sunce (tropska godina). *Srednji Sunčev dan*, ili kraće, *srednji dan*, je vrijeme, što proteče između dvije gornje kulminacije srednjega Sunca, koje slijede jedna za drugom; taj je dan konstantne duljine. *Srednje vrijeme astronomsko* ili naprosto *srednje vrijeme* (sr. vr.) u nekom mjestu i u neki čas je satni kut srednjega Sunca u tom mjestu i u taj čas. Srednji astronomski dan počinje se u času gornje kulminacije srednjega Sunca (*srednje podne* = 0^h sr. vr.) te ima 24 sata sr. vr. (24×60 minuta sr. vr., $24 \times 60 \times 60$ sekunda sr. vr.).

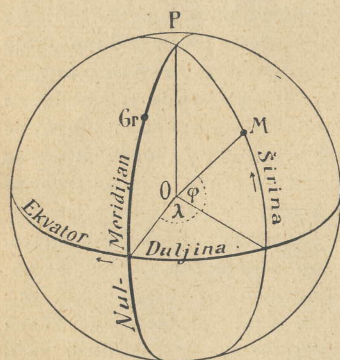
Građansko vrijeme. Tim se srednjim vremenom služimo u svakidanjem životu. Samo treba spomenuti, da se *astronomski srednji dan* počinje u srednje podne i broji od 0^h do 24^h, a *građanski srednji dan* počinje se u srednjoj ponoći, t. j. 12^h sr. vr. *ranije*, i broji se ili od 0^h do 24^h (prihvaćeno u Jugoslaviji), ili od 0^h do 12^h s oznakom prije podne i od 0^h do 12^h s oznakom

poslije podne. Zato valja razlikovati astronomsko označivanje datuma od građanskoga. Na pr.:

astronomski	građanski
1924. II. 15., $6^h\ 25^m\ 43^s$ sr. vr.	1924. II. 15., $18^h\ 25^m\ 43^s$ sr. vr.
1924. X. 22., $14^h\ 37^m\ 52^s$ sr. vr.	1924. X. 23., $2^h\ 37^m\ 52^s$ sr. vr.

To različno počimanje astronomskoga i građanskoga srednjeg dana bit će ukinuto. Međunarodno vijeće za naučna istraživanja aliiranih asociiranih zemalja odlučilo je, da se od g. 1925. astronomski i građanski srednji dan počinju u isti čas, i to u srednjoj ponoći. U francuskoj se mornarici upotrebljavaju već efemeride, kod kojih je ta izmjena provedena.

Vrijeme i geografska duljina. Sva ta vremena, zvjezdano, pravo i srednje, vezana su o meridijan u mjestu opažanja, pa su stoga m j e s n a v r e m e n a; samo ona mjesta na Zemlji imaju u isti čas isto vrijeme, koja leže na istom meridijanu. Mjesta, koja leže i s t o č n o od izvjesnoga mjesta, imaju za toliko $^{h\ m\ s}$ v i š e vremena, za koliko je geografska duljina njihova izražena u $^{h\ m\ s}$ veća od one u prvom mjestu; a mjesta z a p a d n a, za toliko m a n j e. O s n o v n i m e r i d i j a n (nul-meridijan), od koga se danas u astronomiji većinom broje duljine, je meridijan zvjezdarnice u Greenwichu; on je uzet za osnovni meridijan i u drugom dijelu ovoga kalendara.



Sl. 5. *P* sjeverni geografski pol. *Gr* zvjezdarnica u Greenwichu. *M* mjesto opažanja. *PGr* meridijan greenwichki, *PM* meridijan mjesta *M*.

Ako je dakle t_0 vrijeme (zv. vr., pr. vr., sr. vr.) u Greenwichu, a t vrijeme iste vrste u i s t i čas u mjestu s geografskom duljinom L, izraženom u $^{h\ m\ s}$, brojenom od Greenwicha od 0^h do 12^h, s predznakom $+$, ako je mjesto zapadno od Greenwicha, a $-$, ako je istočno (sl. 5.), tada se prelazi od vremena t_0 na vrijeme t (ili obratno) relacijom:

(b) $$t_0 = t + L.$$

Ako se pri tome dobije (kod sr. vr. ili pr. vr.) više od 24^h ili negativan broj sati, mijenja se datum za 1 dan na više ili na manje. Na pr. Mart 3, 28^h ili Mart 5, — 20^h znače isto što i Mart 4, 4^h.

Primjeri. 1. — Neki pojav dogodio se u Greenwichu dne 23. V. u $11^h\ 34^m\ 26^s$ srednjega mjesnog vremena. Koliko je u isti čas srednje mjesno vrijeme u Quitu ($L = +\ 5^h\ 15^m\ 20^s$)? Iz (*b*) izlazi za traženo vrijeme u Quitu: 23. V. $6^h\ 19^m\ 6^s$.

2. — Opažanje neko izvedeno je u Hong Kongu ($L = -\ 7^h\ 36^m\ 42^s$) dne 18. III. u $4^h\ 28^m\ 24^s$ srednjega mjesnog vremena. Koliko je greenwichko srednje vrijeme u isti čas? Iz (*b*) izlazi: 18.III. — $3^h\ 8^m\ 18^s$ = 17.III. $20^h\ 51^m\ 42^s$.

Prije uvedenja meridijana greenwichkoga kao početnoga meridijana upotrebljavale su različne efemeride različne početne meridijane. Donja tablica daje najvažnije od tih meridijana i međusobni njihov odnošaj; predznak $+$ znači, da je mjesto zapadno od dotičnoga početnog meridijana; $-$, da je istočno.

Ferro	Greenwich	Paris	Berlin
h m s	h m s	h m s	h m s
0 0 0·0	− 1 10 39·1	− 1 20 0·0	− 2 4 13·9
+ 1 10 39·1	0 0 0·0	− 0 9 20·9	− 0 53 34·8
+ 1 20 0·0	+ 0 9 20·9	0 0 0·0	− 0 44 13·9
+ 2 4 13·9	+ 0 53 34·8	+ 0 44 13·9	0 0 0·0

Vremenski sektori ili zone. Da se uklone iz javnoga života mnoge neprilike, koje izlaze iz porabe različnih mjesnih vremena, uvedena su u većini država t. zv. v r e m e n a s e k t o r a i l i z o n a. Cijela se Zemlja razdijeli meridijanima u 24 jednaka sferna dvokuta, od kojih svaki mjeri na ekvatoru zemaljskom $15^0 = 1^h$ duljine. Meridijan greenwichki (0^h duljine) prolazi sredinom prvoga vremenskog sektora; meridijan s geografskom duljinom $15^0 = 1^h$ istočno od Greenwicha prolazi sredinom drugoga vremenskog sektora itd. Tada sve javne ure u jednom takvom sektoru moraju pokazivati isti broj sati, minuta i sekunda, koji pokazuju ure u središnjem meridijanu sektora, t. j. moraju pokazivati mjesno vrijeme središnjega meridijana u tome sektoru (z a k o n i t o v r i j e m e, ma da se mjesna vremena u pojedinim mjestima sektora razlikuju od toga vremena), a sve javne ure različnih sektora pokazuju u isti čas isti broj minuta i sekunda, dok im se broj sati razlikuje za cijele bro-

jeve. Sve javne ure prvoga sektora pokazuju mjesno vrijeme greenwichko ili t. zv. zapadnoevropsko vrijeme; sve javne ure drugoga sektora pokazuju mjesno vrijeme 15. meridijana istočno od Greenwicha ili t. zv. srednjeevropsko vrijeme, koje je za 1^h veće od zapadnoevropskoga vremena i t. d. Prema položaju i veličini svojoj odabiru države po jedno ili više takovih konvencionalnih vremena. Astronomija nema s tim vremenima u svojoj praksi nikakova posla. Ta se vremena počinju upotrebljavati i u svrhe plovljenja. Dosada su ih uvele mornarice argentinska, engleska, francuska, ruska, talijanska odredivši, da brodske ure moraju pokazivati vrijeme onoga sektora, u kome se upravo nalaze.

Pregled tih vremenskih sektora daje donji popis zemalja, koje su uvele vremenske sektore uz naznaku zakonita vremena. Oznaka *E* znači, da je vrijeme dotičnoga sektora za toliko sati veće od vremena greenwichkoga u isti čas, a *W*, da je za toliko sati manje.

Zakonito vrijeme	Oznaka vremena	Ime zemlje
h m		
11 30 E		New Zealand
10 0	Istočnoaustralsko vrijeme	Victoria, New South Wales, Queensland, Tasmania, Karolini
9 30		Južna Australija, Guam
9 0		Japan, Korea
8 0	Istočnokinesko primorsko vrijeme	Zapadna Australija, Hong Kong, Filipinsko otočje, britski Borneo, Labuan, Macao, portugalski Timor, Kina (istočna obala)
7 0	Južnokinesko primorsko vrijeme	Kina (južna obala), francuska Indokina, Straits Settlements
6 30		Burma
5 30		Indija, Ceylon
4 0		Mauritius, Seychelles
3 0		Talijanski Somali, Eritreja, Madagaskar, Aden
2 30		Britska istočna Afrika, Uganda
2 0	Istočnoevropsko vrijeme	Bugarska, Egipat, Grčka, Poljska, Rumunjska, evr. Rusija, Turska, britska južna Afrika, bivša njemačka i portugalska istočna Afrika

Zakonito vrijeme	Oznaka vremena	Ime zemlje
1 0 E	Srednjeevropsko vrijeme (sr. ev. vr.)	Austrija, Češko-Slovačka, Danska, Italija, Jugoslavija, Kongo, Luxembourg, Mađarska, Malta, Njemačka, Norveška, Švajcarska, Švedska, bivša njemačka jugozapadna Afrika, portugalska zapadna Afrika, ekvatorska francuska Afrika, Kamerun, Tunis
0 30 E		Nigeria
0 0	Greenwichko vrijeme (Zapadnoevropsko vrijeme)	Velika Britanija, Irska, Belgija, Francuska, Gibraltar, Maroko, Portugal, Španjolska, Feröe otočje
1 0W		Iceland (Island), Madeira, Mauritanija, portugalska Guinea, Senegal, Sierra Leone
2 0		Azori, otočje Cape Verde
3 0		Istočni dio Brazila
3 45		Britska Guiana
4 0	Atlantic Standard Time	Chile, Primorje Kanade, Leeward otočje, srednji dio Brazila, Argentina, Uruguay, Porto-Rico, francuska Guyane, Mali Antili
4 30		Venezuela
5 0	Eastern Standard Time	Jamaica, zapadni Labrador, Quebec, Ontario do 82° 30′ W, New Brunswick, istočni dio Ujedinjenih Država, Panama, Peru, zapadni Brazil
6 0	Central Standard Time	Centralni dijelovi Kanade i Ujedinjenih Država, Honduras
7 0	Mountain Standard Time	Gorski dijelovi Kanade i Ujedinjenih Država
8 0	Pacific Standard Time	Britska Columbia i pacifički dio Ujedinjenih Država
9 0	Alaska Standard Time	Yukon, Alaska
10 30	Havaïan Standard Time	Sandwich otočje
11 30 W	Samoan Standard Time	Samoa

Zemlje, koje nisu prihvatile vremenskih sektora, nalaze se u donjem popisu uz naznaku njihova nul-meridijana.

Ime zemlje	Nul-meridijan	Duljina od Greenwicha
		h m s
Columbia	Bogota	4 56 54·2 W
Costa-Rica	San-José	5 36 16·9 W
Cuba	La Havane	5 29 26·0 W
Ecuador	Quito	5 14 6·7 W
Mexico	Mexico	6 36 26·7 W
Nicaragua	Managua	5 45 10·0 W
Nizozemska	Amsterdam	0 19 39·0 E
Salvador	San-Salvador	5 56 32·0 W

Ljetno vrijeme. Za vrijeme prošloga svjetskog rata uvele su mnoge države s ekonomskih razloga t. zv. ljetno vrijeme, promijenivši za ljetno doba godine obično označivanje sati za jedinicu i to na više.

U našim je krajevima vrijedilo ljetno vrijeme u ovim godinama:

g. 1916. od I. V. do 30. IX. (30. IV. 11^h uveče označeno je s 12^h; 30. IX. 1^h po ponoći označen je s 0^h).

g. 1917. od 16. IV. do 17. IX. (16. IV. 2^h po ponoći označeno je s 3^h; 17. IX. 3^h po ponoći označen je s 2^h).

g. 1918. od 15. IV. do 16. IX. (označuje se isto kao g. 1917.).

g. 1920. od 10. IV. do 30. IX. (ponoć između 9. i 10. označuje se s 1^h).

Veza pravoga i srednjega vremena. Tu vezu u svaki čas daje jednadžba vremena, t. j. broj minuta i sekunda, koje valja algebarski dodati pravomu vremenu, da se dobije srednje vrijeme u isti čas. Dakle je jednadžba vremena = srednje vrijeme *minus* pravo vrijeme.

No kako je s obzirom na (*a*) (str. 11.):

zv. vr. u neki čas = α pravoga Sunca + pr. vr. u taj čas,

zv. vr. u isti čas = α srednjega Sunca + sr. vr. u taj čas,

to je:

jednadžba vremena = α pravoga Sunca — α srednjega Sunca.

Ako pravo Sunce prolazi meridijanom mjesta poslije srednjega Sunca, jednadžba vremena je +, ako prije, ona je —. U god. 1924. ima jednadžba vremena najveću vrijednost + 14^m 25^s dne 12. februara, najmanju — 16^m 22^s dne 3. novembra. Četiri se puta podudara srednje vrijeme s pravim, t. j. jednadžba vremena je nula. U god. 1924. je to između 15. i 16. aprila, 13. i 14. juna, 31. augusta i 1. septembra te 24. i 25. decembra. Oko 12. februara prolazi dakle pravo Sunce meridijanom mjesta gotovo $\frac{1}{4}^h$ poslije srednjega podneva, pa je u te dane poslijepodne gotovo $\frac{1}{2}^h$ dulje od prijepodneva, dok je oko 3. novembra poslijepodne za više od $\frac{1}{2}^h$ kraće od prijepodneva.

Prema tome je tijek promjena jednadžbe vremena ovaj: u januaru je jednadžba vremena pozitivna (+) i raste do 12. februara, kad dosegne najveću pozitivnu vrijednost; otada pada ostajući pozitivna do sredine aprila, kad joj je vrijednost 0. Zatim bude negativna (—) te pada (apsolutna joj vrijednost raste) do 14. maja; ostajući negativna raste opet (apsolutna joj vrijednost pada) do vrijednosti 0 (13.—14. juna), prelazi na pozitivne vrijednosti i raste do 26. jula; poslije toga pada ostajući pozitivna do vrijednosti 0 (31. aug. — 1. sept.), bude negativna te pada dalje (aps. joj vrijednost raste) do 3. novembra, kad joj je vrijednost najmanja. Od toga dana opet raste ostajući negativna do 0 (24.—25. decembra), prelazi tada na pozitivne vrijednosti i raste do konca godine.

Veza zvjezdanoga i srednjega vremena. Srednje Sunce giba se jednoliko u nebeskom ekvatoru u smislu protivnom dnevnoj vrtnji neba, t. j. od zapada na istok, te se u svakom srednjem danu udalji od proljetne točke za $3548{\cdot}''33043 = 0^0\,59'8{\cdot}''33043$; ono izvrši potpun jedan ophod u ekvatoru, t. j. prođe puni kut od 360^0 (= 1 296 000″) od ♈ do ♈ u vremenu, koje se zove tropska godina i koje je jednako:

$$\frac{1\,296\,000}{3548{\cdot}33043} = \frac{1}{0{\cdot}002\,737\,909} = 365{\cdot}242\,198\,79 \text{ srednjih dana.}$$

Radi toga pomicanja srednjega Sunca u ekvatoru srednji je Sunčev dan za $3^m\,56{\cdot}^s\,55536$ zv. vr. (= $3^m\,55{\cdot}^s\,90942$ sr. vr. = $3548{\cdot}''33043$) dulji od zvjezdanoga dana, a za toliko ^{m} i ^{s} zv. vr. prolazi proljetna točka (a i zvijezde) svaki dan ranije meridijanom mjesta. Radi toga i pada u tijeku godine početak zvjezdanoga dana redom u sve sate srednjega Sunčeva dana.

To sve ranije dnevno prolaženje meridijanom mjesta nagomila se u

$$\frac{24^h}{3^m 56.^s 55536} = 365{\cdot}242\ 198\ 79 \text{ srednjih dana, t. j. u jed-}$$

noj tropskoj godini, na jedan cio zvjezdani dan, tako da je broj kulminacija (na pr. gornjih) proljetne točke u tome razdoblju za 1 veći od broja kulminacija iste vrste srednjega Sunca, a tropska godina ima prema tome zvjezdanih dana za 1 više nego srednjih Sunčevih dana.

Postoji dakle ova relacija:

366·242 198 79 zvjezdanih dana = 365·242 198 79 srednjih dana.

Odavle izlazi:

$$1 \text{ zvjezdani dan} = \frac{365{\cdot}242\ 198\ 79}{366{\cdot}242\ 198\ 79} \text{ srednjega dana,}$$

ili

1 zvjezdani dan = 0·997 269 567 srednjega dana,

1 srednji dan = 1·002 737 909 zvjezdanoga dana.

Isto u vremenu izraženo:

24^h zv. vr. = 24^h sr. vr. — $3^m 55.^s 90942$ sr. vr.,

24^h sr. vr. = 24^h zv. vr. + $3^m 56.^s 55536$ zv. vr.

Odatle:

$$1^h \text{ zv. vr.} = 1^h \text{ sr. vr.} - \frac{3^m 55.^s 90942}{24} \text{ sr. vr.}$$

$$= 1^h \text{ sr. vr.} - 9.^s 82956 \text{ sr. vr.,}$$

$$1^h \text{ sr. vr.} = 1^h \text{ zv. vr.} + \frac{3^m 56.^s 55536}{24} \text{ zv. vr.}$$

$$= 1^h \text{ zv. vr.} + 9.^s 85647 \text{ zv. vr.}$$

Ako se dakle mora izvjestan broj $^{h\ m\ s}$ zvjezdanoga vremena pretvoriti u srednje vrijeme, valja od broja $^{h\ m\ s}$ zvjezdanoga vremena za svaki sat zvjezdanoga vremena (a proporcijonalno i za ^{m} i ^{s} prikazane kao decimalni dijelovi sata) oduzeti $9.^s 83$;

ako se mora izvjestan broj $^{h\ m\ s}$ srednjega vremena pretvoriti u zvjezdano vrijeme, valja k svakome satu srednjega vremena (a proporcijalno za ^{m} i ^{s} prikazane kao decimalni dijelovi sata) dodati $9.^s 856$.

Primjeri. 1. — Neka se $7^h 23^m 42.^s 0$ (= $7.^h 39500$) zvjezdanoga vremena pretvori u srednje vrijeme.

$7^h 23^m 42.^s 0$ zv. vr. = $7^h 23^m 42.^s 0$ sr. vr. — $7{\cdot}395 \times 9.^s 83$ (= $1^m 12.^s 69$) sr. vr. = $7^h 22^m 29.^s 31$ sr. vr.

2. — Neka se $12^h 47^m 9.^s 0$ (= $12.^h 78583$) srednjega vremena pretvori u zvjezdano vrijeme.

$12^h 47^m 9.^s 0$ sr. vr. = $12^h 47^m 9.^s 0$ zv. vr. + $12{\cdot}786 \times 9.^s 856$ (= $2^m 6.^s 02$) zv. vr. = $12^h 49^m 15.^s 02$ zv. vr.

Na taj se način pretvaraju intervali zvjezdanoga vremena u ekvivalentne intervale srednjega vremena i obrnuto. No kad treba pretvarati jedno vrijeme u drugo uzevši u obzir i različna ishodišta u brojenju tih vremena (zvjezdano vrijeme od gornje kulminacije prave proljetne točke, srednje vrijeme od gornje kulminacije srednjega Sunca), treba još znati, koliko je zvjezdanoga vremena u času srednjega podneva dotičnoga dana, t. j. treba znati t. zv. zvjezdano vrijeme u srednje podne, koje daju naše efemeride u srednje podne greenwichko za svaki dan u godini.

Za pretvaranje intervala zvjezdanoga vremena u ekvivalentne intervale srednjega vremena i obrnuto služe i tablice, koje dalje dolaze (str. 26. i 27.).

Veza zvjezdanoga i pravoga vremena. Ta veza izlazi iz osnovne relacije (*a*) (str. 77.): zvjezdano vrijeme u izvjesnom času jednako je pravome vremenu u tom času uvećanom za prividnu rektascenziju središta pravoga Sunca u istom času, kako se vidi iz središta Zemlje (geocentrička rektascenzija).

PRETVARANJE ZVJEZDANOGA VREMENA U SREDNJE VRIJEME

SATI		MINUTE				SEKUNDE			
Sati zvjezdan. vremena	Ekvivalentni interval srednjega vremena	Minute zvjezd. vremena	Ekvivalentni interval srednjega vremena	Minute zvjezd. vremena	Ekvivalentni interval srednjega vremena	Sekunde zvjezdan. vremena	Ekvivalentni interval srednjega vremena	Sekunde zvjezdan. vremena	Ekvivalentni interval srednjega vremena
	h m s		m s		m s		s		s
1	0 59 50·17	1	0 59·84	31	30 54·92	1	1·00	31	30·92
2	1 59 40·34	2	1 59·67	32	31 54·76	2	1·99	32	31·91
3	2 59 30·51	3	2 59·51	33	32 54·59	3	2·99	33	32·91
4	3 59 20·68	4	3 59·34	34	33 54·43	4	3 99	34	33·91
5	4 59 10·85	5	4 59·18	35	34 54·27	5	4·99	35	34·90
6	5 59 1·02	6	5 59·02	36	35 54·10	6	5·98	36	35·90
7	6 58 51·19	7	6 58·85	37	36 53·94	7	6·98	37	36·90
8	7 58 41·36	8	7 58·69	38	37 53·77	8	7·98	38	37·90
9	8 58 31·53	9	8 58·53	39	38 53·61	9	8·98	39	38 89
10	9 58 21·70	10	9 58·36	40	39 53·45	10	9·97	40	39·89
11	10 58 11·87	11	10 58·20	41	40 53 28	11	10 97	41	40·89
12	11 58 2·05	12	11 58·03	42	41 53·12	12	11·97	42	41·89
13	12 57 52·22	13	12 57·87	43	42 52 96	13	12·96	43	42·88
14	13 57 42·39	14	13 57·71	44	43 52·79	14	13·96	44	43 88
15	14 57 32·56	15	14 57·54	45	44 52 63	15	14·96	45	44·88
16	15 57 22·73	16	15 57·38	46	45 52·46	16	15·96	46	45·87
17	16 57 12·90	17	16 57·21	47	46 52·30	17	16 95	47	46·87
18	17 57 3·07	18	17 57·05	48	47 52·14	18	17·95	48	47·87
19	18 56 53·24	19	18 56·89	49	48 51·97	19	18·95	49	48·87
20	19 56 43·41	20	19 56·72	50	49 51·81	20	19 95	50	49·86
21	20 56 33 58	21	20 56 56	51	50 51·64	21	20·94	51	50·86
22	21 56 23·75	22	21 56·40	52	51 51·48	22	21·94	52	51·86
23	22 56 13·92	23	22 56·23	53	52 51·32	23	22·94	53	52·86
24	23 56 4·09	24	23 56·07	54	53 51·15	24	23·93	54	53·85
		25	24 55·90	55	54 50·99	25	24·93	55	54·85
		26	25 55·74	56	55 50·83	26	25·93	56	55·85
		27	26 55 58	57	56 50·66	27	26·93	57	56·84
		28	27 55·41	58	57 50·50	28	27·92	58	57·84
		29	28 55·25	59	58 50·33	29	28·92	59	58·84
		30	29 55·09	60	59 50·17	30	29·92	60	59 84

Primjer. Pretvoriti 4h 29m 1·s68 zvjezdanoga vremena u ekvivalentni interval srednjega vremena.

	h m s			h m s	
Za	4 0 0	zv. vr.	daje tablica	3 59 20·68	sr. vr.
	29 0	„ „		28 55·25	„ „
	1·68	„ „		1·68	„ „
				4 28 17·6	„ „

PRETVARANJE SREDNJEGA VREMENA U ZVJEZDANO VRIJEME

SATI		MINUTE				SEKUNDE			
Sati srednjega vremena	Ekvivalentni interval zvjezdanoga vremena	Minute srednjega vremena	Ekvivalentni interval zvjezdanoga vremena	Minute srednjega vremena	Ekvivalentni interval zvjezdanoga vremena	Sekunde srednjega vremena	Ekvivalentni interval zvjezdanoga vremena	Sekunde srednjega vremena	Ekvivalentni interval zvjezdanoga vremena
	h m s		m s		m s		s		s
1	1 0 9·86	1	1 0·16	31	31 5·09	1	1·00	31	31·08
2	2 0 19·71	2	2 0·33	32	32 5·26	2	2·01	32	32·09
3	3 0 29·57	3	3 0 49	33	33 5·42	3	3·01	33	33·09
4	4 0 39·43	4	4 0·66	34	34 5·59	4	4·01	34	34·09
5	5 0 49·28	5	5 0·82	35	35 5·75	5	5·01	35	35·10
6	6 0 59·14	6	6 0·99	36	36 5·91	6	6·02	36	36·10
7	7 1 9·00	7	7 1·15	37	37 6·08	7	7·02	37	37·10
8	8 1 18·85	8	8 1·31	38	38 6·24	8	8·02	38	38·10
9	9 1 28·71	9	9 1·48	39	39 6·41	9	9·02	39	39·11
10	10 1 38 56	10	10 1·64	40	40 6·57	10	10·03	40	40·11
11	11 1 48·42	11	11 1·81	41	41 6·74	11	11·03	41	41·11
12	12 1 58·28	12	12 1·97	42	42 6·90	12	12·03	42	42·11
13	13 2 8·13	13	13 2 14	43	43 7·06	13	13·04	43	43·12
14	14 2 17·99	14	14 2·30	44	44 7·23	14	14·04	44	44·12
15	15 2 27·85	15	15 2·46	45	45 7·39	15	15·04	45	45·12
16	16 2 37·70	16	16 2·63	46	46 7·56	16	16·04	46	46·13
17	17 2 47·56	17	17 2·79	47	47 7·72	17	17·05	47	47·13
18	18 2 57·42	18	18 2·96	48	48 7·89	18	18·05	48	48·13
19	19 3 7·27	19	19 3·12	49	49 8·05	19	19·05	49	49·13
20	20 3 17·13	20	20 3·29	50	50 8·21	20	20·05	50	50·14
21	21 3 26 99	21	21 3·45	51	51 8·38	21	21·06	51	51·14
22	22 3 36·84	22	22 3·61	52	52 8·54	22	22·06	52	52·14
23	23 3 46·70	23	23 3·78	53	53 8·71	23	23·06	53	53·15
24	24 3 56·56	24	24 3·94	54	54 8·87	24	24·07	54	54·15
		25	25 4·11	55	55 9·04	25	25·07	55	55·15
		26	26 4·27	56	56 9·20	26	26·07	56	56·15
		27	27 4·44	57	57 9·36	27	27 07	57	57·16
		28	28 4·60	58	58 9·53	28	28·08	58	58·16
		29	29 4·76	59	59 9·69	29	29·08	59	59·16
		30	30 4·93	60	60 9·86	30	30·08	60	60·16

Primjer. Pretvoriti 4h 28m 17·6s srednjega vremena u ekvivalentni interval zvjezdanoga vremena.

	h m s			h m s	
Za	4 0 0	sr. vr.	daje tablica	4 0 39·43	zv. vr.
	28 0	„ „		28 4·60	„ „
	17·6	„ „		17·65	„ „
				4 29 1·68	„ „